



Instituto Politécnico de Tomar

Redes de Dados II

Trabalho Prático 4

(Parte 1)

2021/2022

Daniel Graça, n.º 20948

Guilherme Lourenço, n.º 23053

Grupo 9

Índice

OBJETIVOS	2
CENÁRIO ÚNICO	3
TOPOLOGIA DA REDE (ENUNCIADO).....	3
TOPOLOGIA DA REDE	4
TABELA DE ENDEREÇAMENTO	5
TAREFA 1: MONTAGEM DA REDE	6
PASSO 1: APAGAR AS CONFIGURAÇÕES DOS ROUTERS	6
PASSO 2: LIGAÇÃO DOS CABOS AOS EQUIPAMENTOS DE ACORDO COM A TOPOLOGIA.....	7
TAREFA 2: CONFIGURAÇÕES BÁSICAS	8
PASSO 1: CONFIGURAÇÕES BÁSICAS EM CADA ROUTER	8
TAREFA 3: CONFIGURAÇÃO DAS <i>INTERFACES</i> DOS ROUTERS.....	10
PASSO 1: ESQUEMA DO ENDEREÇAMENTO DO <i>AS</i> ATRIBUÍDO	10
PASSO 2: CONFIGURAR AS <i>INTERFACES</i> DE ACORDO COM A TOPOLOGIA E A TABELA DE ENDEREÇAMENTO	10
PASSO 3: VERIFICAÇÃO DAS <i>INTERFACES</i> E RESPECTIVOS ENDEREÇOS	11
TAREFA 4: CONFIGURAÇÃO DO ENCAMINHAMENTO <i>IGP</i>	13
PASSO 1: UTILIZAÇÃO DO <i>OSPF</i> COMO <i>IGP</i>	13
PASSO 2: CONSULTA E VERIFICAÇÃO DA TABELA DE ENCAMINHAMENTO	13
TAREFA 5: CONFIGURAÇÃO DO ENCAMINHAMENTO <i>EGP</i>	20
PASSO 1: CONFIGURAÇÃO DO <i>BGP</i>	20
PASSO 2: INTERPRETAÇÃO DE ALGUNS COMANDOS	20
PASSO 3: CONFIGURAÇÕES NECESSÁRIAS PARA QUE EXISTA CONECTIVIDADE ENTRE TODAS AS REDES DO NOSSO <i>AS</i> E AS REDES DOS OUTROS <i>AS</i> 'S.....	26
PASSO 4: EXPLICAÇÃO DO COMANDO <i>NEIGHBOR <ENDEREÇO IP> NEXT-HOP-SELF</i>	27
PASSO 5: CONFIGURAÇÃO DOS ROUTERS DE MODO A QUE A REDE <i>110.110.0.0/0</i> NÃO SEJA IMPORTADA PARA O <i>IGP</i>	27
PASSO 6: CONFIGURAÇÃO DO <i>R1</i> PARA QUE ESTE SEJA O PONTO DE SAÍDA PREFERENCIAL DO TRÁFEGO GERADO DENTRO DO <i>AS</i> DO GRUPO	28
PASSO 7: CONFIGURAÇÃO DO <i>R1</i> PARA QUE ESTE SEJA O PONTO DE ENTRADA PREFERENCIAL NO <i>AS</i> DO GRUPO	29
PASSO 8: EXPLICAÇÃO DO PROCESSO UTILIZADO PELO <i>BGP</i> PARA SELEÇÃO DO MELHOR CAMINHO	30
PASSO 9: EXPLICAÇÃO DA FUNÇÃO DO COMANDO DO <i>BGP NEIGHBOR <ENDEREÇO IP DO PEER> UPDATE SOURCE <ENDEREÇO IP></i> E EM QUE SITUAÇÕES DEVE SER UTILIZADO	30
PASSO 10: CONFIGURAÇÕES PARA QUE SEJA SUPORTADO <i>BGP EQUAL COST MULTIPATH</i>	30
<i>TROUBLESHOOTING</i>	33
CONCLUSÃO	34

Objetivos

Os objetivos deste trabalho prático são os seguintes:

- Montagem da componente física de uma rede;
- Configuração de equipamento ativo;
- Configuração de protocolos de encaminhamento *Intra* e *Inter* domínio;
- Troubleshooting;

Cenário único

Topologia da rede (enunciado)

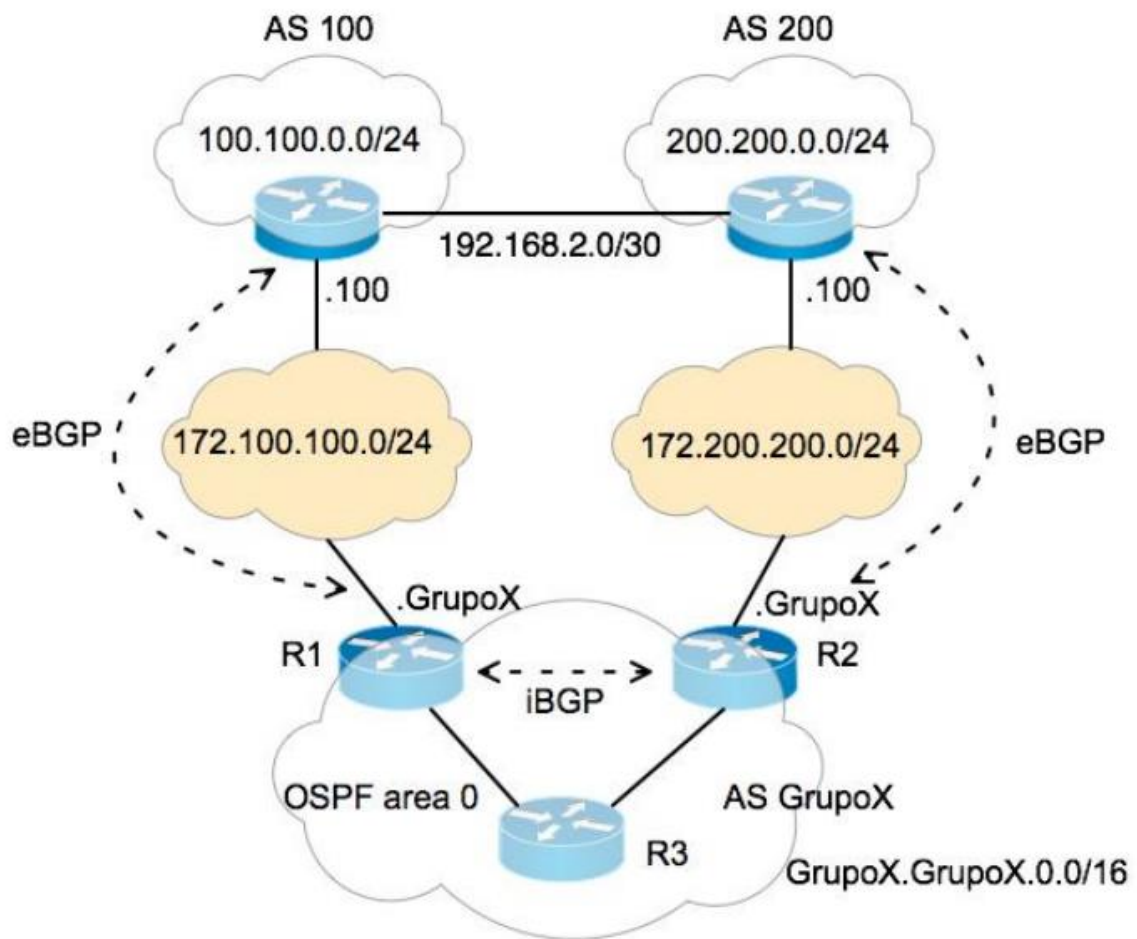


FIGURA 1 TOPOLOGIA DA REDE (ENUNCIADO)

Topologia da rede

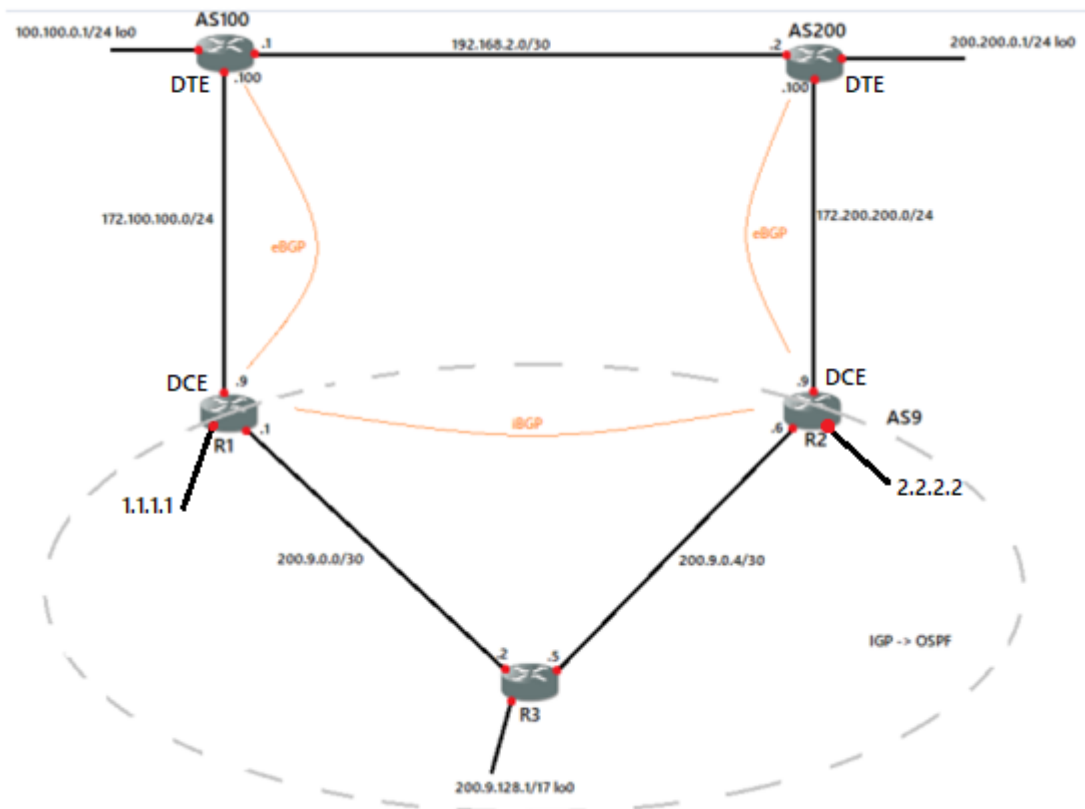


FIGURA 2 TOPOLOGIA DA REDE

Tabela de endereçamento

Dispositivo	Interface	Endereço IPv4
R1	S0/0	172.100.100.9
	F0/0	200.9.0.1
	Lo0	1.1.1.1
R2	S0/0	172.200.200.9
	F0/1	200.9.0.6
	Lo0	200.9.1.1
R3	F0/0	200.9.0.2
	F0/1	200.9.0.5
	Lo0	3.3.3.3
AS100	S0/0	172.100.100.100
	F0/0	192.168.2.1
	Lo0	100.100.0.1
AS200	S0/0	172.200.200.100
	F0/0	192.168.2.2
	Lo0	200.200.0.1

FIGURA 3 TABELA DE ENDEREÇAMENTO

Tarefa 1: Montagem da rede

Passo 1: Apagar as configurações dos routers

De modo a certificar que os routers estão com as configurações “limpas”, procedemos à remoção das configurações dos routers. Para isto, corre-se o comando “reload” nos routers.

NOTA 1: No programa *GNS3* aquando a execução do comando “reload”, este deixa de responder (no terminal do router no qual foi executado o comando). Para isso, removeram-se as configurações através da *GUI*, como se pode ver pela seguinte figura.

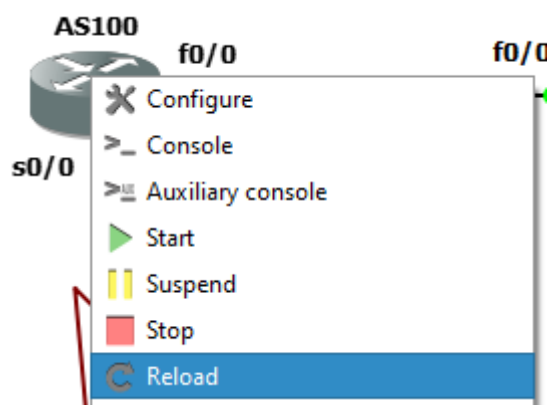


FIGURA 4 REMOÇÃO DAS CONFIGURAÇÕES DE UM ROUTER

Passo 2: Ligação dos cabos aos equipamentos de acordo com a topologia

Neste passo procedeu-se à ligação dos cabos aos equipamentos. Para os routers R1, R2 e R3 (pertencentes ao nosso AS), bem como entre os AS100 e AS200 escolheram-se cabos do tipo *crossover*.

Para as ligações entre os routers que interligam a nossa AS com as AS's externas utilizaram-se cabos *serial*, sendo que os *DCE's* correspondem às *interfaces* externas dos routers da nossa área.

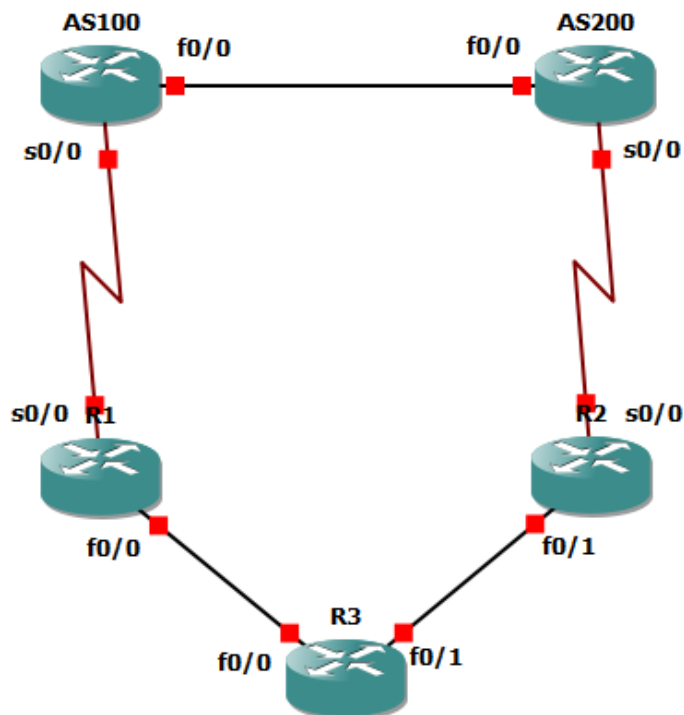


FIGURA 5 MONTAGEM DA REDE DE ACORDO COM A TOPOLOGIA

Tarefa 2: Configurações Básicas

Passo 1: Configurações básicas em cada router

Neste passo, efetuaram-se as configurações básicas necessárias em cada router.

Nos seguintes pontos, para efeitos de exemplificação, apenas são listados comandos para um router só.

1. Atribuir um nome ao router

Para atribuir um nome ao router, efetuou-se o seguinte comando:

```
R1(config)#hostname R1
```

FIGURA 6 ATRIBUIÇÃO DE NOME A UM ROUTER

2. Desativar o *DNS Lookup*

Para desativar o *DNS Lookup* num router, executou-se o seguinte comando:

```
R1(config)#no ip domain-lookup
```

FIGURA 7 DESATIVAÇÃO DA *DNS LOOKUP*

3. Configurar uma password para o modo *Exec Privileged Mode*

Para configurar uma *password* para o modo *Exec Privileged Mode*, executou-se o seguinte comando:

```
R1(config)#enable secret class
```

FIGURA 8 CONFIGURAR UMA *PASSWORD* PARA O *EXEC PRIVILEGED MODE*

4. Configurar a *MOTD Banner*

Ao efetuar o seguinte comando, configurou-se a *MOTD (Message of The Day) Banner* num router:

```
R1(config)#banner motd #Authorized personel only!#
```

FIGURA 9 CONFIGURAÇÃO DA *MOTD BANNER*

5. Configurar uma password para ligações do tipo *console*

Para configurar uma *password* para ligações do tipo *console*, executaram-se os seguintes comandos:

```
R1(config)#line console 0  
R1(config-line)#password class  
R1(config-line)#login
```

FIGURA 10 CONFIGURAÇÃO DE UMA *PASSWORD* PARA LIGAÇÕES DO TIPO *CONSOLE*

6. Configurar uma password para ligações do tipo *line vty*

Para configurar uma *password* para ligações do tipo *vtty*, executaram-se os seguintes comandos:

```
R1(config-line)#line vty 0 4  
R1(config-line)#password class  
R1(config-line)#login
```

FIGURA 11 CONFIGURAÇÃO DE UMA *PASSWORD* PARA LIGAÇÕES DO TIPO *VTY*

Tarefa 3: Configuração das *interfaces* dos routers

Passo 1: Esquema do endereçamento do AS atribuído

NOTA 2: O esquema de endereçamento do AS atribuído está listado na tabela de endereçamento.

A subdivisão da rede é constituída por uma subrede /17 e duas /30. Escolheu-se fazer a subdivisão da rede desta forma de modo a minimizar o desperdício de endereços. É de notar que esta subdivisão não é a melhor prática numa rede com dispositivos reais, visto que nesta simulação apenas existem 3 routers existentes dentro da AS que nos foi atribuída.

Para complementar, a *interface* de *loopback* do R3 é uma forma de simular a continuação da rede.

Passo 2: Configurar as *interfaces* de acordo com a topologia e a tabela de endereçamento

Neste passo, efetuaram-se as configurações das interfaces necessárias (de acordo com a topologia e a tabela de endereçamento) em cada router.

Nas seguintes alíneas, para efeitos de exemplificação, apenas são listados comandos para um (ou mais, caso assim o seja necessário) router(s).

```
R1(config)#interface f0/0
R1(config-if)#ip address 200.9.0.1 255.255.255.252
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#interface
*Mar  1 00:11:37.139: %LINK-3-UPDOWN: Interface Fastl
o up
*Mar  1 00:11:38.139: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line prot
et0/0, changed state to up
R1(config-if)#interface s0/0
R1(config-if)#ip address 172.100.100.9 255.255.255.0
R1(config-if)#no shutdown
```

FIGURA 12 CONFIGURAÇÃO DAS *INTERFACES* DE UM ROUTER

i) Configuração das *interfaces DCE*

Como optámos por utilizar ligações do tipo *serial* entre os routers que interligam a nossa AS com as AS's externas, definimos os nossos routers como tendo as interfaces *DCE*.

```
R1(config)#interface s0/0
R1(config-if)#clock rate 64000
```

FIGURA 13 CONFIGURAÇÃO DO *CLOCKRATE* - *INTERFACE DCE*

```
AS100(config)#interface s0/0
AS100(config-if)#no clock rate
```

FIGURA 14 CONFIGURAÇÃO DO CLOCKRATE - INTERFACE DTE

ii) Configuração das interfaces loopback

Criámos uma *interface* de *loopback* no R3, como forma de simular a continuação da rede, como já fora referido no **passo 1**, da **tarefa 3**.

Para configurar uma *interface* de *loopback*, efetuou-se o seguinte comando:

```
R3(config)#interface lo0
R3(config-if)#
*Mar 1 00:23:55.859: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol
changed state to up
R3(config-if)#ip address 200.9.128.1 255.255.128.0
R3(config-if)#no shutdown
```

FIGURA 15 CONFIGURAÇÃO DE UMA INTERFACE DE LOOKBACK

Passo 3: Verificação das interfaces e respetivos endereços

Neste passo, verificamos o estado das interfaces e respetivos endereços atribuídos, através do uso do comando *show ip interface brief*.

Podemos observar, com este comando, cada *interface* de um router bem como:

- O endereço atribuído à mesma (se for o caso);
- O estado “OK?” da mesma (representado por “YES” se o endereço *IP* for válido ou “NO” em caso contrário);
- O método – que representa o modo como a *interface* foi configurada – que se encontra em “manual” porque foi configurada através da *CLI* (*Command Line*);
- Um outro estado, que representa o estado da própria *interface* física (“up – encontra-se ativa; “down” – encontra-se inativa; “administratively down” – encontra-se administrativamente inativa, ou seja, esta não foi configurada);

```
R1#show ip interface brief
Interface          IP-Address      OK? Method Status  Prot
FastEthernet0/0    200.9.0.1       YES manual  up      up
Serial0/0          172.100.100.9   YES manual  up      up
FastEthernet0/1    unassigned      YES unset   administratively down down
Loopback0          1.1.1.1         YES manual  up      up
```

FIGURA 16 VERIFICAÇÃO DAS INTERFACES E RESPETIVOS ENDEREÇOS - R1

```
R2#show ip interface brief
Interface          IP-Address      OK? Method Status      Prot
o001
FastEthernet0/0    unassigned      YES unset   administratively down down
Serial0/0          172.200.200.9   YES manual  up           up
FastEthernet0/1    200.9.0.6       YES manual  up           up
Loopback0          2.2.2.2         YES manual  up           up
```

FIGURA 17 VERIFICAÇÃO DAS INTERFACES E RESPECTIVOS ENDEREÇOS - R2

```
R3#show ip interface brief
Interface          IP-Address      OK? Method Status      Prot
o001
FastEthernet0/0    200.9.0.2       YES manual  up           up
FastEthernet0/1    200.9.0.5       YES manual  up           up
Loopback0          200.9.128.1     YES manual  up           up
```

FIGURA 18 VERIFICAÇÃO DAS INTERFACES E RESPECTIVOS ENDEREÇOS - R3

```
AS100#show ip interface brief
Interface          IP-Address      OK? Method Status      Prot
o001
FastEthernet0/0    192.168.2.1     YES manual  up           up
Serial0/0          172.100.100.100 YES manual  up           up
FastEthernet0/1    unassigned      YES unset   administratively down down
Loopback0          100.100.0.1     YES manual  up           up
```

FIGURA 19 VERIFICAÇÃO DAS INTERFACES E RESPECTIVOS ENDEREÇOS - AS100

```
AS200#show ip interface brief
Interface          IP-Address      OK? Method Status      Prot
o001
FastEthernet0/0    192.168.2.2     YES manual  up           up
Serial0/0          172.200.200.100 YES manual  up           up
FastEthernet0/1    unassigned      YES unset   administratively down down
Loopback0          200.200.0.1     YES manual  up           up
```

FIGURA 20 VERIFICAÇÃO DAS INTERFACES E RESPECTIVOS ENDEREÇOS - AS200

Como podemos verificar pelas figuras apresentadas anteriormente, as *interfaces* ficaram corretamente configuradas, com os endereços corretos atribuídos.

Tarefa 4: Configuração do encaminhamento *IGP*

Passo 1: Utilização do OSPF como *IGP*

Para fazer comunicação na nossa rede, utilizou-se o OSPF como *IGP* (*Interior Gateway Protocol*). Configuraram-se todos os routers com OSPF, como se assemelha a seguinte configuração do R1:

```
R1(config)#router ospf 69
R1(config-router)#router-id 1.1.1.1
R1(config-router)#auto-cost reference-bandwidth 1000
% OSPF: Reference bandwidth is changed.
      Please ensure reference bandwidth is consistent across all routers.
R1(config-router)#network 200.9.0.0 0.0.0.3 area 0
```

FIGURA 21 CONFIGURAÇÃO DO OSPF COMO *IGP* – R1

```
R3(config)#router ospf 69
R3(config-router)#router-id 3.3.3.3
R3(config-router)#auto-cost reference-bandwidth 1000
% OSPF: Reference bandwidth is changed.
      Please ensure reference bandwidth is consistent across all routers.
R3(config-router)#network 200.9.0.0 0.0.0.3 area 0
R3(config-router)#net
*Mar  1 01:19:58.395: %OSPF-5-ADJCHG: Process 69, Nbr 1.1.1.1 on FastEthernet0/0
from LOADING to FULL, Loading Done
R3(config-router)#network 200.9.0.4 0.0.0.3 area 0
R3(config-router)#
*Mar  1 01:20:18.539: %OSPF-5-ADJCHG: Process 69, Nbr 2.2.2.2 on FastEthernet0/1
from LOADING to FULL, Loading Done
R3(config-router)#network 200.9.128.0 0.0.127.255 area 0
```

FIGURA 22 CONFIGURAÇÃO DO OSPF COMO *IGP* - R3

Passo 2: Consulta e verificação da tabela de encaminhamento

Neste passo, consultamos e verificamos a tabela de encaminhamento dos routers, através do uso do comando *show ip route*.

Podemos observar, com este comando, cada ligação que um determinado router conhece, bem como:

- O protocolo de encaminhamento (“O” – OSPF; “C” – diretamente conectado, entre outras);
- O tipo de rota, apesar de neste caso específico não ser listado;
- O endereço que indica a rede remota que este conhece;
- A distância administrativa (x) e a métrica da rota (y), representada por [x/y];
- Especifica o endereço do próximo router para a rede remota (via x.x.x.x);
- Especifica a última vez que a rota foi atualizada (com o formato *horas:minutos:segundos*);
- Especifica qual a interface pela qual a rede consegue ser acedida/alcançada.

```

R1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
        D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
        i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
        ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
        o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    1.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C      1.1.1.0 is directly connected, Loopback0
    200.9.0.0/30 is subnetted, 2 subnets
C      200.9.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0
O      200.9.0.4 [110/200] via 200.9.0.2, 00:02:28, FastEthernet0/0
    172.100.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C      172.100.100.0 is directly connected, Serial0/0
    200.9.128.0/32 is subnetted, 1 subnets
O      200.9.128.1 [110/101] via 200.9.0.2, 00:02:28, FastEthernet0/0

```

FIGURA 23 CONSULTA E VERIFICAÇÃO DA TABELA DE ENCAMINHAMENTO

Como podemos observar, são listadas todas as rotas que um router aprende (neste router em específico, aprendidas por *OSPF* – representadas por “O”) e as ligações diretamente conectadas (representadas por “C”), como já explicado anteriormente.

Verificamos, também, a informação geral sobre os processos de encaminhamento *OSPF*, com uso do comando *show ip ospf*.

Este comando dispõe de muita informação útil, pelo que não iremos detalhar cada uma dessa informação. Podemos, no entanto, concluir – segundo a figura que se segue – que o R1 está a correr *OSPF* com o *ID* 1.1.1.1 e que se encontra na área *OSPF* 0 (área *backbone*).


```

R1#show ip ospf
Routing Process "ospf 69" with ID 1.1.1.1
Start time: 01:17:46.448, Time elapsed: 00:10:14.600
Supports only single TOS(TOS0) routes
Supports opaque LSA
Supports Link-local Signaling (LLS)
Supports area transit capability
Router is not originating router-LSAs with maximum metric
Initial SPF schedule delay 5000 msec
Minimum hold time between two consecutive SPF 10000 msec
Maximum wait time between two consecutive SPF 10000 msec
Incremental-SPF disabled
Minimum LSA interval 5 secs
Minimum LSA arrival 1000 msec
LSA group pacing timer 240 secs
Interface flood pacing timer 33 msec
Retransmission pacing timer 66 msec
Number of external LSA 0. Checksum Sum 0x000000
Number of opaque AS LSA 0. Checksum Sum 0x000000
Number of DCbitless external and opaque AS LSA 0
Number of DoNotAge external and opaque AS LSA 0
Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0 nssa
Number of areas transit capable is 0
External flood list length 0
  Area BACKBONE(0)
    Number of interfaces in this area is 1
    Area has no authentication
    SPF algorithm last executed 00:05:34.232 ago
    SPF algorithm executed 6 times
    Area ranges are
    Number of LSA 5. Checksum Sum 0x0287CD
    Number of opaque link LSA 0. Checksum Sum 0x000000
    Number of DCbitless LSA 0
    Number of indication LSA 0
    Number of DoNotAge LSA 0
    Flood list length 0

```

FIGURA 24 CONSULTA DOS PROCESSOS DE ENCAMINHAMENTO OSPF

NOTA 3: "Number of interfaces in this area is 1" -> esta linha significa que existe um total de 1 interface diretamente conectada a este router, das que pertencem à área 0 da rede OSPF em funcionamento. No router 3, por exemplo, já mostraria 3 interfaces (200.9.0.2/30, 200.9.0.5/30 e 200.9.128.1/17 (lo0)).

O comando `show ip ospf interface` revela informações mais detalhadas acerca das interfaces numa determinada área OSPF.

Mais uma vez, este comando dispõe de muita informação útil, pelo que não iremos detalhar cada uma dessa informação. Podemos, no entanto, concluir – segundo a figura que se segue – que existe uma interface `fastEthernet0/0` com o endereço 200.9.0.1/30 que se encontra na área 0. O router ID representa o ID de um router na área OSPF, sendo que deve ser um ID único. Pode se observar que existe uma informação "State DR". Com esta informação sabemos que este foi o *Designated Router (DR)* escolhido pelo OSPF.

NOTA 4: Apesar do router com o *ID* se identificar como *DR*, as prioridades entre os routers da área 0 são iguais, pelo que o verdadeiro *DR* é o router com o *ID* 3.3.3.3 (que é o maior endereço na área).

```
R1#show ip ospf interface
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
  Internet Address 200.9.0.1/30, Area 0
  Process ID 69, Router ID 1.1.1.1, Network Type BROADCAST, Cost: 100
  Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1
  Designated Router (ID) 1.1.1.1, Interface address 200.9.0.1
  Backup Designated router (ID) 3.3.3.3, Interface address 200.9.0.2
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
    oob-resync timeout 40
    Hello due in 00:00:04
  Supports Link-local Signaling (LLS)
  Index 1/1, flood queue length 0
  Next 0x0(0)/0x0(0)
  Last flood scan length is 0, maximum is 1
  Last flood scan time is 0 msec, maximum is 0 msec
  Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
    Adjacent with neighbor 3.3.3.3 (Backup Designated Router)
  Suppress hello for 0 neighbor(s)
```

FIGURA 25 CONSULTA DA INFORMAÇÃO SOBRE AS INTERFACES NUMA ÁREA OSPF

O comando *show ip ospf neighbor*, tal como o comando sugere, apresenta informação sobre os vizinhos *OSPF* de um determinado router.

Podemos observar, com este comando, as informações sobre um vizinho *OSPF*:

- *ID* do vizinho (em formato x.x.x.x);
- Prioridade: Indica a prioridade de cada router, sendo que o router com a maior prioridade torna-se o *DR*. Caso as prioridades sejam iguais, o router com o maior *ID* torna-se o *DR*;
- O estado indica se o router é *DR* ou *BDR*, e o “FULL” significa que o router está adjacente com o seu vizinho;
- “Dead Time” indica quanto tempo um router espera para receber um pacote “hello” de um vizinho antes de declarar esse vizinho como “down”;
- O endereço representa a *interface* do vizinho a qual está diretamente conectado;
- A *interface* física a qual está ligado;

```
R1#show ip ospf neighbor
Neighbor ID    Pri   State           Dead Time   Address        Interface
3.3.3.3        1    FULL/BDR        00:00:30    200.9.0.2      FastEthernet0/0
```

FIGURA 26 CONSULTA DOS VIZINHOS OSPF DE UM DETERMINADO ROUTER

Nesta **figura 26** podemos concluir que o R1 tem um vizinho *OSPF* com o *ID* 3.3.3.3, com prioridade 1, estado “FULL”, sendo um *BDR* (*Backup Designated Router*), com um “Dead Time” de 38 segundos, endereço 200.9.0.2 e interface *FastEthernet0/1*. (Apesar de não se conseguir ver pela figura, é possível saber pela tabela de endereçamento).

As próximas figuras são os mesmos comandos já listados anteriormente, mas em dispositivos diferentes com o objetivo de mostrar resultados diferentes. (Não se mostra o R2 neste passo porque os resultados são semelhantes aos do R1).

```
R3#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    200.9.0.0/30 is subnetted, 2 subnets
C       200.9.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       200.9.0.4 is directly connected, FastEthernet0/1
C       200.9.128.0/17 is directly connected, Loopback0
```

FIGURA 27 CONSULTA E VERIFICAÇÃO DA TABELA DE ENCAMINHAMENTO

Este router R3 apenas apresenta rotas diretamente conectadas porque ele não aprende mais rotas nenhuma por *OSPF*. O R1 e o R2 aprendem rotas *OSPF* através do R3, porque é o *DR*.

```

R3#show ip ospf
Routing Process "ospf 69" with ID 3.3.3.3
Start time: 00:08:11.104, Time elapsed: 00:11:48.648
Supports only single TOS(TOS0) routes
Supports opaque LSA
Supports Link-local Signaling (LLS)
Supports area transit capability
Router is not originating router-LSAs with maximum metric
Initial SPF schedule delay 5000 msec
Minimum hold time between two consecutive SPF 10000 msec
Maximum wait time between two consecutive SPF 10000 msec
Incremental-SPF disabled
Minimum LSA interval 5 secs
Minimum LSA arrival 1000 msec
LSA group pacing timer 240 secs
Interface flood pacing timer 33 msec
Retransmission pacing timer 66 msec
Number of external LSA 0. Checksum Sum 0x000000
Number of opaque AS LSA 0. Checksum Sum 0x000000
Number of DCbitless external and opaque AS LSA 0
Number of DoNotAge external and opaque AS LSA 0
Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0 nssa
Number of areas transit capable is 0
External flood list length 0
  Area BACKBONE(0)
    Number of interfaces in this area is 3 (1 loopback)
    Area has no authentication
    SPF algorithm last executed 00:04:28.076 ago
    SPF algorithm executed 4 times
    Area ranges are
      Number of LSA 5. Checksum Sum 0x024112
      Number of opaque link LSA 0. Checksum Sum 0x000000
      Number of DCbitless LSA 0
      Number of indication LSA 0
      Number of DoNotAge LSA 0
      Flood list length 0

```

FIGURA 28 CONSULTA DOS PROCESSOS DE ENCAMINHAMENTO OSPF

```

R3#show ip ospf interface
Loopback0 is up, line protocol is up
  Internet Address 200.9.128.1/17, Area 0
  Process ID 69, Router ID 3.3.3.3, Network Type LOOPBACK, Cost: 1
  Loopback interface is treated as a stub Host
FastEthernet0/1 is up, line protocol is up
  Internet Address 200.9.0.5/30, Area 0
  Process ID 69, Router ID 3.3.3.3, Network Type BROADCAST, Cost: 100
  Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1
  Designated Router (ID) 3.3.3.3, Interface address 200.9.0.5
  Backup Designated router (ID) 2.2.2.2, Interface address 200.9.0.6
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
    oob-resync timeout 40
    Hello due in 00:00:01
  Supports Link-local Signaling (LLS)
  Index 2/2, flood queue length 0
  Next 0x0(0)/0x0(0)
  Last flood scan length is 0, maximum is 1
  Last flood scan time is 0 msec, maximum is 0 msec
  Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
    Adjacent with neighbor 2.2.2.2 (Backup Designated Router)
  Suppress hello for 0 neighbor(s)
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
  Internet Address 200.9.0.2/30, Area 0
  Process ID 69, Router ID 3.3.3.3, Network Type BROADCAST, Cost: 100
  Transmit Delay is 1 sec, State BDR, Priority 1
  Designated Router (ID) 1.1.1.1, Interface address 200.9.0.1
  Backup Designated router (ID) 3.3.3.3, Interface address 200.9.0.2
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
    oob-resync timeout 40
    Hello due in 00:00:07
  Supports Link-local Signaling (LLS)
  Index 1/1, flood queue length 0
  Next 0x0(0)/0x0(0)
  Last flood scan length is 1, maximum is 1
  Last flood scan time is 0 msec, maximum is 4 msec
  Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
    Adjacent with neighbor 1.1.1.1 (Designated Router)
  Suppress hello for 0 neighbor(s)

```

FIGURA 29 CONSULTA DA INFORMAÇÃO SOBRE AS INTERFACES NUMA ÁREA OSPF

```
R3#show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
2.2.2.2	1	FULL/BDR	00:00:35	200.9.0.6	FastEthernet0/
1					
1.1.1.1	1	FULL/DR	00:00:36	200.9.0.1	FastEthernet0/
0					

FIGURA 30 CONSULTA DOS VIZINHOS *OSPF* DE UM DETERMINADO ROUTER

Tarefa 5: Configuração do encaminhamento *EGP*

Passo 1: Configuração do *BGP*

Neste passo, procedeu-se à configuração do *BGP* nos routers fronteira, como de acordo com a topologia da rede apresentada anteriormente.

```
R1(config)#router bgp 9
R1(config-router)#neighbor 200.9.0.6 remote-as 9
R1(config-router)#neighbor 172.100.100.100 remote-as 100
R1(config-router)#network 200.9.0.0 mask 255.255.0.0
```

FIGURA 31 CONFIGURAÇÃO DO *BGP* NUM DETERMINADO ROUTER

```
R1(config)#ip route 200.9.0.0 255.255.0.0 null 0
```

FIGURA 32 CONFIGURAÇÃO DE UM ROTA ESTÁTICA ONDE O TRÁFEGO IRÁ PARAR SE NÃO EXISTIR UMA CERTA ROTA NESTA REDE

O comando `ip route 200.9.0.0 255.255.0.0 null 0` tem como objetivo criar uma rota estática para si mesmo, de forma a assegurar que o tráfego vá parar ao router se não existir uma rota mais específica.

NOTA 5: configuraram-se os routers de modo a que se estabelecesse uma relação de peering entre os R1 e R2, por *iBGP*.

Passo 2: Interpretação de alguns comandos

Neste passo, iremos interpretar alguns comandos sobre *BGP*.

Este primeiro comando não é sobre *BGP* em específico (e já foi mencionado na **tarefa 4 – passo 2**), mas contém rotas *BGP* das quais vamos falar. Uma diferença no *output* deste comando para o anterior é a rota estática, que está a apontar para si mesmo (router R1).

```

R1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    1.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C      1.1.1.0 is directly connected, Loopback0
    100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
B      100.100.0.0 [20/0] via 172.100.100.100, 01:39:18
    200.9.0.0/30 is subnetted, 2 subnets
C      200.9.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0
O      200.9.0.4 [110/200] via 200.9.0.2, 02:13:22, FastEthernet0/0
    172.100.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C      172.100.100.0 is directly connected, Serial0/0
    200.9.128.0/32 is subnetted, 1 subnets
O      200.9.128.1 [110/101] via 200.9.0.2, 02:13:24, FastEthernet0/0
S      200.9.0.0/16 is directly connected, Null0

```

FIGURA 33 CONSULTA E VERIFICAÇÃO DA TABELA DE ENCAMINHAMENTO

Após a configuração de BGP nos routers, podemos observar que o R1 aprendeu como chegar ao destino 100.100.0.0 através da *interface* 172.100.100.100. Este é um *peering* de *eBGP* entre o R1 e o router do AS100.

Verificamos, também, a informação geral sobre as entradas *BGP* na tabela de encaminhamento, com uso do comando *show ip bgp*.

Podemos observar, com este comando:

- O estado da entrada, em que:
 - * (asterisco): representa que a entrada é válida;
 - > (símbolo “maior que”): representa que esta entrada é a melhor a usar para essa rede;
- O endereço da rede que se conhece pela entrada;
- O “Next Hop” (próximo salto), que representa qual a próxima interface por onde se vai passar para chegar ao destino;
- A métrica, que é um atributo que permite influenciar AS’s a usar uma determinada rota de entrada para outro AS quando existem múltiplas rotas para chegar a esse mesmo AS de destino. A métrica preferencial é o valor mais baixo;
- A “Local Preference”, que é outro atributo, é semelhante à métrica. No entanto, esta permite influenciar o ponto de saída de um AS. A “Local Preference” preferencial é o maior valor;
- O peso (“Weight”), mais um atributo de escolha do melhor caminho. O peso preferencial é o maior valor;
- O “Path”, que representa o caminho para chegar ao destino (AS’s por onde passa);

NOTA 6: O *BGP* utiliza os atributos como forma de escolher o melhor caminho. Quando duas rotas encontram o mesmo valor num atributo, o *BGP* vai comparando outros atributos até encontrar um atributo com melhor (maior ou menor valor, dependendo do atributo). O primeiro atributo a ser visto é o peso, depois a “Local Preference”, seguido de outros quantos atributos até encontrar um valor diferente ou chegar ao fim da lista de atributos.

```
R1#show ip bgp
BGP table version is 7, local router ID is 1.1.1.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network        Next Hop        Metric LocPrf Weight Path
*> 100.100.0.0/24  172.100.100.100      0           0 100 i
*> 200.9.0.0/16    0.0.0.0              0          32768 i
* i200.200.0.0     172.200.200.100      0          100  0 200 i
```

FIGURA 34 CONSULTA DAS ENTRADAS NA TABELA DE ENCAMINHAMENTO *BGP*

Nesta figura anterior, podemos concluir que, por exemplo, a rede 100.100.0.0/24 tem uma forma válida e é a melhor forma de se chegar a ela através do salto 172.100.100.100, com uma métrica de 0 e sem “local preference”, um peso de 0 e através o “path” 100, que representa passar pelo AS 100. Por fim, depois do “path” é apresentado um “i”. Este caractere representa que a rede foi anunciada para o *BGP* através do comando *network*.

Para consultar o estado de toda as ligações do *BGP*, executou-se o comando *show ip bgp summary*.

Podemos observar, com este comando:

- O endereço da *interface* do próximo vizinho *BGP* de um determinado router;
- “V” – representa a versão do *BGP* comunicada para um determinado vizinho;
- “AS” – representa o número do AS ao qual o vizinho pertence;
- “MsgRcvd” – representa o número de mensagens recebidas, de um determinado vizinho;
- “MsgSent” – representa o número de mensagens enviadas para um determinado vizinho;
- “TblVer” – versão da tabela *BGP* de um determinado vizinho. Este número da versão é incrementado cada vez que existem alterações;
- “InQ” – número de mensagens recebidas através da fila de “input”;
- “OutQ” – número de mensagens prontas a enviar pela fila de “output”;
- “Up/Down” – tempo que um determinado vizinho esteve “up” ou “down”, em formato dias:horas:minutos. (não é dada informação de qual o estado – se “up”, se “down”);
- “State/PfxRcd” – Estado do vizinho/números de rotas recebidas. Se nenhum estado for indicado, então o estado é “up”.

```

R1#show ip bgp summary
BGP router identifier 1.1.1.1, local AS number 9
BGP table version is 7, main routing table version 7
3 network entries using 351 bytes of memory
3 path entries using 156 bytes of memory
4/2 BGP path/bestpath attribute entries using 496 bytes of memory
2 BGP AS-PATH entries using 48 bytes of memory
0 BGP route-map cache entries using 0 bytes of memory
0 BGP filter-list cache entries using 0 bytes of memory
BGP using 1051 total bytes of memory
BGP activity 5/2 prefixes, 6/3 paths, scan interval 60 secs

Neighbor      V    AS MsgRcvd MsgSent  TblVer  InQ OutQ Up/Down  State/PfxRcd
172.100.100.100 4   100    120    124      7    0    0 01:55:10      1
200.9.0.6       4    9      33     34      7    0    0 00:26:41      1

```

FIGURA 35 CONSULTA DO ESTADO DAS CONEXÕES BGP

Nesta figura anterior podemos observar que existe, por exemplo, um vizinho com uma *interface* com o endereço 172.100.100.100, com versão BGP 4, pertencente ao AS 100. Este dispositivo R1 recebeu 33 mensagens e enviou 32 a este vizinho do AS 100. A versão da tabela BGP é a quarta, pelo que se atualizou a tabela 4 vezes. Verificamos, também, que não houve envio e recebimento de mensagens através das filas “input” e “output”, como também vemos o tempo de “Up/Down” (apesar de não sabermos se se refere a “up” ou “down”) e o número de rotas recebidas é 1. O estado não é indicado, pelo que significa que o vizinho está “Up”.

Para consultar a informação acerca dos vizinhos BGP de um determinado router, executou-se o comando *show ip bgp neighbors*.

Este comando dispõe de muita informação útil, pelo que não iremos detalhar cada uma dessa informação. A informação que consideramos mais relevante durante a execução das configurações foram o “BGP State = Active” e o “BGP State = Established”. Este foi, possivelmente, os detalhes aos quais tivemos mais atenção, porque um estado a “Active” significa que um router está a tentar estabelecer um *peering* com outro router, enquanto que “Established” significa que esse router conseguiu estabelecer *peering* com outro router.

```

BGP neighbor is 172.100.100.100, remote AS 100, external link
BGP version 4, remote router ID 100.100.0.1
BGP state = Established, up for 01:56:29
Last read 00:00:29, last write 00:00:29, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
Neighbor capabilities:
  Route refresh: advertised and received(old & new)
  Address family IPv4 Unicast: advertised and received
Message statistics:
  InQ depth is 0
  OutQ depth is 0

      Sent          Rcvd
Opens:           1           1
Notifications:   0           0
Updates:         5           1
Keepalives:     119         119

```



```

Route Refresh:      0      0
Total:             125     121
Default minimum time between advertisement runs is 30 seconds

For address family: IPv4 Unicast
  BGP table version 7, neighbor version 7/0
Output queue size : 0
Index 1, Offset 0, Mask 0x2
1 update-group member

Prefix activity:
-----
Prefixes Current:    1      1 (Consumes 52 bytes)
Prefixes Total:      3      1
Implicit Withdraw:    0      0
Explicit Withdraw:    2      0
Used as bestpath:    n/a     1
Used as multipath:    n/a     0

Outbound  Inbound
-----
Local Policy Denied Prefixes:
Bestpath from this peer:    1      n/a
Total:                      1      0
Number of NLRI in the update sent: max 1, min 0

Connections established 1; dropped 0
Last reset never
Connection state is ESTAB, I/O status: 1, unread input bytes: 0
Connection is ECN Disabled, Mininum incoming TTL 0, Outgoing TTL 1
Local host: 172.100.100.9, Local port: 28750
Foreign host: 172.100.100.100, Foreign port: 179

Enqueued packets for retransmit: 0, input: 0  mis-ordered: 0 (0 bytes)

Event Timers (current time is 0xD49C58):
Timer      Starts    Wakeups      Next
Retrans     124         0          0x0
TimeWait     0         0          0x0
AckHold     119        117         0x0
SendWnd      0         0          0x0
KeepAlive    0         0          0x0
GiveUp       0         0          0x0
PmtuAger     0         0          0x0
DeadWait     0         0          0x0

iss: 429990350  snduna: 429992864  sndnxt: 429992864    sndwnd: 15335
irs: 807567781  rcvnxt: 807570140  rcvwnd: 15491    delrcvwnd: 893

SRTT: 300 ms, RTTO: 303 ms, RTV: 3 ms, KRTT: 0 ms
minRTT: 0 ms, maxRTT: 300 ms, ACK hold: 200 ms
Flags: active open, nagle
IP Precedence value : 6

Datagrams (max data segment is 1460 bytes):
Rcvd: 126 (out of order: 0), with data: 119, total data bytes: 2358
Sent: 244 (retransmit: 0, fastretransmit: 0, partialack: 0, Second Congestion: 0), with data:
124, total data bytes: 2513

BGP neighbor is 200.9.0.6, remote AS 9, internal link
  BGP version 4, remote router ID 2.2.2.2
  BGP state = Established, up for 00:28:08
  Last read 00:00:08, last write 00:00:08, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
  Neighbor capabilities:
    Route refresh: advertised and received(old & new)
    Address family IPv4 Unicast: advertised and received
  Message statistics:
    InQ depth is 0
    OutQ depth is 0

Sent      Rcvd
-----
Opens:      1      1
Notifications: 0      0

```

```

Updates:                4          3
Keepalives:             31         31
Route Refresh:          0          0
Total:                  36         35
Default minimum time between advertisement runs is 0 seconds

For address family: IPv4 Unicast
  BGP table version 7, neighbor version 7/0
Output queue size : 0
  Index 2, Offset 0, Mask 0x4
  2 update-group member

Prefix activity:
  Sent      Rcvd
  ----      -
Prefixes Current:      2      1 (Consumes 52 bytes)
Prefixes Total:        3      2
Implicit Withdraw:      0      0
Explicit Withdraw:     1      1
Used as bestpath:      n/a     0
Used as multipath:      n/a     0

                                Outbound  Inbound
Local Policy Denied Prefixes:  -----
Total:                        0          0
Number of NLRI in the update sent: max 1, min 0

Connections established 1; dropped 0
Last reset never
Connection state is ESTAB, I/O status: 1, unread input bytes: 0
Connection is ECN Disabled, Mininum incoming TTL 0, Outgoing TTL 255
Local host: 200.9.0.1, Local port: 23284
Foreign host: 200.9.0.6, Foreign port: 179

Enqueued packets for retransmit: 0, input: 0  mis-ordered: 0 (0 bytes)

Event Timers (current time is 0xD4BCD4):
Timer      Starts    Wakeups      Next
Retrans      35         0          0x0
TimeWait      0         0          0x0
AckHold      32         29         0x0
SendWnd       0         0          0x0
KeepAlive     0         0          0x0
GiveUp        0         0          0x0
PmtuAger      0         0          0x0
DeadWait      0         0          0x0

iss: 14358324  snduna: 14359152  sndnxt: 14359152  sndwnd: 16099
irs: 3109346374  rcvnxt: 3109347148  rcvwnd: 16156  delrcvwnd: 228

SRTT: 297 ms, RTTO: 321 ms, RTV: 24 ms, KRTT: 0 ms
minRTT: 24 ms, maxRTT: 300 ms, ACK hold: 200 ms
Flags: active open, nagle
IP Precedence value : 6

Datagrams (max data segment is 536 bytes):
Rcvd: 37 (out of order: 0), with data: 32, total data bytes: 773
Sent: 66 (retransmit: 0, fastretransmit: 0, partialack: 0, Second Congestion: 0), with data: 34,
total data bytes: 827

```

FIGURA 36 CONSULTA DAS CONEXÕES DOS VIZINHOS *BGP*

Por fim, o comando *show ip bgp rib-failure* permite verificar todas as entradas que deram erro ao serem inseridas na tabela de encaminhamento *BGP*. Por exemplo, se um endereço já estiver na tabela de encaminhamento do R3 aprendida pelo R1 e este R3

tentar injetar o mesmo endereço aprendido pelo R2 (por BGP), esse mesmo endereço irá aparecer na tabela de *rib-failure*.

```
R1#show ip bgp rib-failure
Network          Next Hop          RIB-failure  RIB-NH Matches
```

FIGURA 37 CONSULTA DE FALHAS A "INSTALAR" ROTAS NA TABELA DE ENCAMINHAMENTO

Como podemos averiguar pela **figura 37**, não houve qualquer problema com as nossas configurações.

Passo 3: Configurações necessárias para que exista conectividade entre todas as redes do nosso AS e as redes dos outros AS's

Neste passo, procedeu-se às configurações necessárias para que exista conectividade entre todas as redes do nosso AS e as redes dos outros AS's.

Para isso, executaram-se os seguintes comandos:

```
R1(config)#router bgp 9
R1(config-router)#neighbor 200.9.0.6 next-hop-self
```

FIGURA 38 ATUALIZAÇÃO DO NEXT-HOP - R1

```
R2(config)#router bgp 9
R2(config-router)#neighbor 200.9.0.1 next-hop-self
```

FIGURA 39 ATUALIZAÇÃO DO NEXT-HOP - R2

```
AS100(config)#router bgp 100
AS100(config-router)#network 172.100.100.0 mask 255.255.255.0
```

FIGURA 40 ANÚNCIO DA REDE 172.100.100.0 A PARTIR DO ROUTER AS100

```
AS100(config-router)#network 192.168.2.0 mask 255.255.255.252
```

FIGURA 41 ANÚNCIO DA REDE 192.168.2.0 A PARTIR DO ROUTER AS100

```
AS200(config)#router bgp 200
AS200(config-router)#network 172.200.200.0 mask 255.255.255.0
```

FIGURA 42 ANÚNCIO DA REDE 172.200.200.0 A PARTIR DO ROUTER AS200

```
AS200(config-router)#network 192.168.2.0 mask 255.255.255.252
```

FIGURA 43 ANÚNCIO DA REDE 192.168.2.0 A PARTIR DO ROUTER AS200

Parte da configuração do *iBGP* envolvia a utilização do comando *neighbor <endereço ip do peer> update source <interface>*. No entanto, os routers não estavam a comunicar corretamente após a configuração executada. Por isso, foram executados os seguintes comandos, ao invés do que era suposto, de maneira a chegar ao mesmo resultado:

```
R1(config)#router bgp 9
R1(config-router)#neighbor 200.9.0.2 remote-as 9
R1(config-router)#neighbor 200.9.0.2 next-hop-self
```

FIGURA 44 CONFIGURAÇÕES DOS COMANDOS EXPLICADOS ACIMA

```
R2(config)#router bgp 9
R2(config-router)#neighbor 200.9.0.5 remote-as 9
R2(config-router)#neighbor 200.9.0.5 next-
*Mar 1 04:35:11.646: %BGP-5-ADJCHANGE: neighbor 2(
R2(config-router)#neighbor 200.9.0.5 next-hop-self
```

FIGURA 45 CONFIGURAÇÕES DOS COMANDOS EXPLICADOS ACIMA

```
R3(config)#router bgp 9
R3(config-router)#neighbor 200.9.0.1 remote-as 9
R3(config-router)#neighbor 200.9.0.6 remote-as 9
```

FIGURA 46 CONFIGURAÇÕES DOS COMANDOS EXPLICADOS ACIMA

Passo 4: Explicação do comando *neighbor <endereço IP> next-hop-self*

Quando um router de um AS anuncia uma rota a outro router de outro AS – ou seja, por *eBGP* – e esse router anuncia essa rota por *iBGP* para outros routers do mesmo AS, o caminho para chegar ao destino não é atualizado. Isto porque, como a rota é anunciada por routers pertencentes ao mesmo AS, para evitar loops o *iBGP* descarta esses anúncios. O comando *neighbor <endereço IP> next-hop-self* permite informar um router a como chegar a um destino fora do seu AS obrigando a passar por um outro router dentro desse AS.

Passo 5: Configuração dos routers de modo a que a rede *110.110.0.0/0* não seja importada para o *IGP*

Para não permitir uma rede ser importada para o *IGP*, configuraram-se, nos routers de entrada no AS os seguintes comandos:

Criou-se uma *prefix-list* para conter o endereço da rede que queremos ignorar nos routers de entrada do nosso AS.

```
R1(config)#ip prefix-list FILTER seq 1 permit 110.110.0.0/16
```

FIGURA 47 CRIAÇÃO DE UMA *PREFIX-LIST*

Verificamos que a *prefix-list* continha o endereço de rede correto, com o seguinte comando:

```
R1#show ip prefix-list
ip prefix-list FILTER: 1 entries
  seq 1 permit 110.110.0.0/16
```

FIGURA 48 VERIFICAÇÃO DA *PREFIX-LIST* CRIADA

Para realmente não permitir a rede ser anunciada para o *IGP*, fez-se um filtro com o comando *route-map* para que todos os endereços que fossem provenientes da rede 110.110.0.0/24 não fossem permitidos. No entanto, foi preciso fazer outro *route-map* com uma *prefix-list* não existente (ou seja, vazia) para que todos os outros endereços fossem permitidos. Se este último passo não fosse feito, não só estava-se a ignorar os endereços da rede 110.110.0.0/24 como qualquer outro endereço.

```
R1(config)#route-map FILTER-MAP deny 1
R1(config-route-map)#match ip address prefix-list FILTER
R1(config-route-map)#exit
R1(config)#route-map FILTER-MAP permit 99
```

FIGURA 49 CRIAÇÃO DE *ROUTE-MAPS* PARA FILTRAR OS ENDEREÇOS NA(S) *PREFIX-LIST(S)*

Por fim, verificamos se os *route-map's* foram bem configurados, pelo que podemos ver que sim na figura seguinte.

```
R1#show route-map
route-map FILTER-MAP, deny, sequence 1
  Match clauses:
    ip address prefix-lists: FILTER
  Set clauses:
  Policy routing matches: 0 packets, 0 bytes
route-map FILTER-MAP, permit, sequence 99
  Match clauses:
  Set clauses:
  Policy routing matches: 0 packets, 0 bytes
```

FIGURA 50 VERIFICAÇÃO DAS *ROUTE-MAPS*

Passo 6: Configuração do R1 para que este seja o ponto de saída preferencial do tráfego gerado dentro do AS do grupo

Para configurar o router R1 como sendo o ponto de saída preferencial de todo o tráfego gerado dentro do nosso AS, apenas foi preciso garantir que a “*Local Preference*” do R1 é maior que a dos outros routers dentro do AS.

Dessa forma, executaram-se os seguintes comandos:

```
R1(config)#router bgp 9
R1(config-router)#bgp default local-preference 999
```

FIGURA 51 ALTERAÇÃO DA "LOCAL PREFERENCE" DO R1

Passo 7: Configuração do R1 para que este seja o ponto de entrada preferencial no AS do grupo

Para configurar o router R1 como sendo ponto de entrada preferencial do tráfego do nosso AS, foram precisos ser executados alguns comandos.

Primeiramente criou-se uma *access-list* (ACL) com o endereço da rede *IGP* para utilizar como filtragem no *route-map*.

Com esta lista, criou-se uma regra que, caso o endereço destino pertença à rede que está na *access-list* (neste caso, a rede *IGP*) irá ter um valor de métrica **1**.

Procedeu-se às mesmas configurações no router R2. No entanto, neste caso o valor de métrica tem de ser superior, pelo que foi definido o valor **2**.

NOTA 7: Como já referido anteriormente, o valor de métrica mais baixo é o escolhido pelo *BGP*. Dessa forma, podia-se ter escolhido qualquer valor inteiro 32 *bit* maior que o escolhido no R1.

Por fim, o definiu-se que, dos routers dos AS's vizinhos que fazem borda com os routers de entrada no nosso AS, serão aplicadas as regras definidas no *route-map* definido anteriormente (todos os endereços com destino à rede 200.9.0.0/16 terão uma métrica de **1** ou **2**, consoante por onde entrarem).

```
R1(config)#access-list 10 permit 200.9.0.0 255.255.0.0
R1(config)#route-map SETMED permit 1
R1(config-route-map)#match ip address 10
R1(config-route-map)#set metric 1
R1(config-route-map)#exit
R1(config)#router bgp 9
R1(config-router)#neighbor 172.100.100.100 route-map SETMED out
```

FIGURA 52 CONFIGURAÇÃO DA ACCESS-LIST E DO ROUTE-MAP

O comando *bgp deterministic-med* tem como função ativar a comparação das variáveis de métrica (*MED*) quando for para escolher rotas anunciadas por diferentes *peers* dentro do mesmo AS. No entanto, neste exemplo não é necessário executar este comando.

```
AS100(config)#router bgp 100
AS100(config-router)#bgp deterministic-med
```

FIGURA 53 CONFIGURAÇÃO DO BGP DETERMINISTIC-MED

Passo 8: Explicação do processo utilizado pelo BGP para seleção do melhor caminho

A seleção do melhor caminho envolve um conjunto de dados (chamados atributos) que cada router tem no seu software. Esses valores têm uma ordem hierárquica que depois decide qual o caminho preferencial para se enviar um pacote. O atributo que o BGP tem maior consideração para o processo de seleção do melhor caminho é o *weight*, em que quanto maior o seu valor, mais preferência tem.

Passo 9: Explicação da função do comando do BGP *neighbor <endereço IP do peer> update source <interface>* e em que situações deve ser utilizado

O comando *neighbor <peer's ip address> update source <interface>* serve para forçar o BGP a usar uma certa *interface* de um router quando quiser comunicar com um *neighbor* desse router. O campo da *interface* é geralmente preenchido com uma *interface Loopback*, porque como se trata de uma *interface* virtual significa que está sempre ativa, o que garante uma conexão mais segura com um *neighbor*.

Passo 10: Configurações para que seja suportado BGP *equal cost multipath*

Para configurar *equal cost multipath* em BGP deve-se certificar que existem dois AS *paths* para o mesmo destino, em que ambos são considerados ter a mesma distância e sem existir configurações de preferência nos routers. É importante denotar que o objetivo neste projeto é implementar um *equal cost multipath* no router R3 para a sub-rede 192.168.2.0/30.

Como tal, executou-se os seguintes comandos nos routers R1 e R2 para anular essas preferências, previamente configuradas nos passos 6 e 7:

- *no neighbor <neighbor interface address> route-map <map name> out* - está a fazer com que o *route-map* que trata da métrica (MED) não seja propagado para o router AS100;
- *bgp default local-preference 100* - faz com que a atributo *local-preference* volte a ficar com o valor 100, que é o valor predefinido (e equivalente ao *local-preference* do router R2).

```
R1(config)#router bgp 9
R1(config-router)#no neighbor 172.100.100.100 route-map SETMED out
R1(config-router)#bgp default local-preference 100
```

FIGURA 54 CONFIGURAÇÃO DOS COMANDO PRÉVIAMENTE EXPLICADOS NO ROUTER R1


```
R2(config)#router bgp 9
R2(config-router)#no neighbor 172.200.200.100 route-map SETMED out
```

FIGURA 55 CONFIGURAÇÃO DOS COMANDOS PRÉVIAMENTE EXPLICADOS NO ROUTER R2

Em seguida, deve-se configurar as definições que permitem a utilização de *equal cost multipath*. Estes são os comandos a ser executados:

```
R1(config)#router bgp 9
R1(config-router)#maximum-paths 2
R1(config-router)#bgp bestpath as-path multipath-relax
```

FIGURA 56 CONFIGURAÇÃO DO *EQUAL COST MULTIPATH* PARA *EBGP*

```
R3(config)#router bgp 9
R3(config-router)#maximum-paths ibgp 2
```

FIGURA 57 CONFIGURAÇÃO DO *EQUAL COST MULTIPATH* PARA *IBGP*

O comando *maximum-paths <#>* serve para permitir que possa utilizar vários caminhos para o mesmo destino. A utilização da palavra adicional *iBGP* na configuração do router R3 é necessária porque as suas *interfaces BGP* pertencem ao *iBGP* da AS9 e não a *eBGP*.

O comando *bgp bestpath as-path multipath-relax* “diz” ao router para tratar dois caminhos (*AS paths*) que tenham o mesmo comprimento (em termos de número de *AS's*) e em que certos atributos tenham o mesmo valor como caminhos com custo igual.

Depois destas configurações, aqui estão as tabelas *BGP* distintas resultantes (as tabelas do R2 e AS200 são muito parecidas às tabelas do R1 e AS100, respetivamente):

```
AS100#show ip bgp
BGP table version is 18, local router ID is 100.100.0.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network        Next Hop        Metric LocPrf Weight Path
*> 100.100.0.0/24  0.0.0.0          0           32768 i
*> 172.100.100.0/24 0.0.0.0          0           32768 i
*> 172.200.200.0/24 172.100.100.9    0             9 200 i
*> 192.168.2.0/30   0.0.0.0          0           32768 i
*> 200.9.0.0/16     172.100.100.9    0             9 1
*> 200.200.0.0      172.100.100.9    0             9 200 i
```

FIGURA 58 TABELAS DE ENCAMINHAMENTO *BGP* - ROUTER AS100


```
R1#show ip bgp
BGP table version is 15, local router ID is 1.1.1.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network        Next Hop        Metric LocPrf Weight Path
*> 100.100.0.0/24  172.100.100.100      0             0 100 i
r> 172.100.100.0/24 172.100.100.100      0             0 100 i
*>i172.200.200.0/24 200.9.0.6            0          100    0 200 i
*> 192.168.2.0/30  172.100.100.100      0             0 100 i
* i               200.9.0.6            0          100    0 200 i
*> 200.9.0.0/16     0.0.0.0              0             32768 i
*>i200.200.0.0      200.9.0.6            0          100    0 200 i
```

FIGURA 59 TABELAS DE ENCAMINHAMENTO BGP - ROUTER R1

```
R3#show ip bgp
BGP table version is 14, local router ID is 200.9.128.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network        Next Hop        Metric LocPrf Weight Path
*>i100.100.0.0/24  200.9.0.1            0          100    0 100 i
*>i172.100.100.0/24 200.9.0.1            0          100    0 100 i
*>i172.200.200.0/24 200.9.0.6            0          100    0 200 i
*>i192.168.2.0/30  200.9.0.1            0          100    0 100 i
* i               200.9.0.6            0          100    0 200 i
*>i200.9.0.0/16     200.9.0.1            0          100    0 i
*>i200.200.0.0      200.9.0.6            0          100    0 200 i
```

FIGURA 60 TABELAS DE ENCAMINHAMENTO BGP - ROUTER R3

Como se pode verificar, o *equal cost multipath* está implementado. No entanto, tecnicamente não está correto. Olhando para a tabela, apenas um dos dois caminhos válidos para a sub-rede 192.168.2.0/30 está operacional.

Isto acontece porque a AS de destino tem de ser a mesma, isto é, ter o mesmo número de identificação. Como, neste exemplo, por um caminho a última AS é a AS100 e pelo outro é a AS200, o router R3 acaba por não considerar ambos os caminhos como igualmente utilizáveis, e escolhe um deles.

Para resolver esta situação existem duas possíveis soluções:

- Conectar diretamente os routers R2 e AS100 ou R1 e AS200, criando assim um caminho adicional que acaba com a mesma AS;
- Fazer “*AS manipulation*”, que consiste em “enganar” os routers modificando o número de identificação de uma AS. No entanto, não é recomendado fazer isto porque pode criar loops.

Troubleshooting

Num trabalho como este, é certo que iriam aparecer problemas nas configurações. E apareceram.

Para colocar este trabalho a funcionar, foi preciso fazer algum *troubleshooting* para tentar perceber o que estava a correr mal, ou o porquê de algo não estar 100% funcional – ou não estar funcional de todo.

Para isso, listamos alguns dos comandos usados para *troubleshooting*:

show ip route – mostra na consola o estado atual da tabela de *routing* de um determinado router.

show ip route bgp – mostra na consola o estado atual da tabela de *routing* de um determinado router, apenas as rotas *BGP*.

show ip bgp – mostra na consola as redes (ou prefixo de rede) que um determinado router conhece, e como lá chegar (*next hop*).

show run | section bgp – mostra na consola a configuração *bgp* a correr num determinado router.

NOTA 8: Alguns destes comandos foram explicados mais detalhadamente ao longo deste documento.

Conclusão

Com este trabalho pretendeu-se demonstrar conhecimentos sobre implementação e configuração de protocolos de encaminhamento *Intra* e *Inter* domínio, com os protocolos OSPF e BGP em multihomed (respetivamente), bem como demonstrar a capacidade de resolver problemas (*troubleshooting*).